

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-348216  
(P2001-348216A)

(43) 公開日 平成13年12月18日 (2001. 12. 18)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
C 0 1 B 31/02	1 0 1	C 0 1 B 31/02	1 0 1 Z 4 G 0 4 0
			1 0 1 F 4 G 0 4 6
B 8 2 B 1/00		B 8 2 B 1/00	5 H 0 2 7
C 0 1 B 3/00		C 0 1 B 3/00	B
H 0 1 M 8/06		H 0 1 M 8/06	G
審査請求 未請求 請求項の数44 O L (全 14 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-164263(P2000-164263)

(22) 出願日 平成12年6月1日 (2000. 6. 1)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号

(72) 発明者 白石 誠司

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ  
ー株式会社内

(72) 発明者 梶浦 尚志

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ  
ー株式会社内

(74) 代理人 100078031

弁理士 大石 皓一 (外 2 名)

F ターム (参考) 4G040 AA12 AA42

4G046 CA00 CC02 CC09

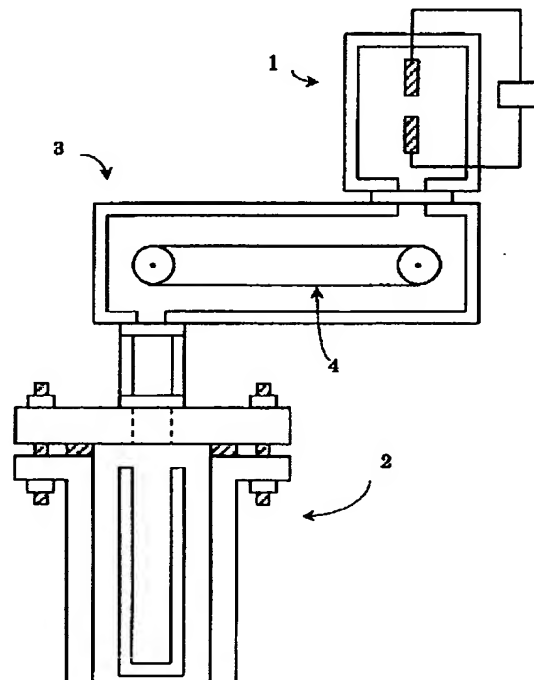
5H027 AA02 BA13

(54) 【発明の名称】 水素吸蔵炭素質材料の製造方法および水素吸蔵炭素質材料製造システム

(57) 【要約】

【課題】 大量の水素を、効率的に吸蔵させることが可能で、軽量で、繰り返し使用することができ、安全で、資源的、環境的な問題を生じさせる虞のない水素吸蔵炭素質材料の製造方法および水素吸蔵炭素質材料製造システムを提供する。

【解決手段】 閉システム内で、炭素質材料を生成し、得られた炭素質材料に前処理を施し、水素を吸蔵させることを特徴とする水素吸蔵炭素質材料の製造方法および水素吸蔵炭素質材料製造システム。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 閉システム内で、炭素質材料を生成し、得られた炭素質材料に前処理を施し、水素を吸蔵させることを特徴とする水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項2】 前記閉システムが、大気と遮断されていることを特徴とする請求項1に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項3】 水素ガスを含み、不純物ガスとして、反応性ガスを実質的に含まないガスの雰囲気下で、前記閉システム内を加熱して、前記炭素質材料に前処理を施し、水素を吸蔵させることを特徴とする請求項1または2に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項4】 前記閉システム内を、50℃以上に加熱することを特徴とする請求項3に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項5】 水素ガスを含み、不純物ガスとして、反応性ガスを実質的に含まないガスの雰囲気下で、前記閉システム内を1気圧以上のガス圧力に保持して、前記炭素質材料に前処理を施し、水素を吸蔵させることを特徴とする請求項3または4に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項6】 前記炭素質材料の前処理に先立って、前記閉システム内を、不活性なガスによって置換することを特徴とする請求項3ないし5のいずれか1項に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項7】 前記不活性なガスが、窒素ガス、ヘリウムガス、ネオンガス、アルゴンガス、クリプトンガス、キセノンガスおよびラドンガスよりなる群から選ばれる不活性なガスよりなることを特徴とする請求項6に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項8】 前記閉システム内を加熱して、前記炭素質材料に前処理を施し、前記閉システム内に、水素ガスを導入して、前記炭素質材料に水素を吸蔵させることを特徴とする請求項1または2に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項9】 前記閉システム内に、水素ガスを導入して、50気圧未満の水素ガス雰囲気下で、前記炭素質材料に水素を吸蔵させることを特徴とする請求項8に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項10】 10気圧以下の水素ガス雰囲気下で、前記炭素質材料に水素を吸蔵させることを特徴とする請求項9に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項11】 前記閉システムを、100℃以上の温度に加熱して、前記炭素質材料に前処理を施すことを特徴とする請求項8ないし10のいずれか1項に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項12】 前記閉システムを、200℃ないし1200℃の温度に加熱して、前記炭素質材料に前処理を施すことを特徴とする請求項11に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項13】 前記閉システムを、600℃ないし1200℃の温度に加熱して、前記炭素質材料に前処理を施すことを特徴とする請求項12に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項14】 前記閉システムを、800℃ないし1000℃の温度に加熱して、前記炭素質材料に前処理を施すことを特徴とする請求項13に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項15】 前記閉システム内を加熱するのに先立って、前記閉システム内に、不活性なガスを導入し、不活性なガス雰囲気下で、前記閉システム内を加熱して、前記炭素質材料に前処理を施すことを特徴とする請求項8ないし14のいずれか1項に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項16】 前記不活性なガスが、窒素ガス、ヘリウムガス、ネオンガス、アルゴンガス、クリプトンガス、キセノンガスおよびラドンガスよりなる群から選ばれる不活性なガスよりなることを特徴とする請求項15に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項17】 前記閉システム内に、還元性ガスを導入して、50℃以上の温度に加熱し、前記炭素質材料に前処理を施すことを特徴とする請求項1または2に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項18】 前記還元性ガスが、一酸化炭素ガス、一酸化窒素ガス、亜酸化窒素ガスおよびアンモニアガスよりなる群から選ばれるガスよりなることを特徴とする請求項17に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項19】 前記還元性ガスが、一酸化炭素ガスよりなることを特徴とする請求項18に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項20】 前記閉システム内に、還元性ガスを導入し、前記閉システム内が1気圧以上のガス圧力に保持された状態で、前記閉システム内を加熱して、前記炭素質材料に前処理を施すことを特徴とする請求項17ないし19のいずれか1項に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項21】 還元性ガスとともに、水素ガスを、前記閉システム内に導入し、50℃以上の温度に加熱して、前記炭素質材料に前処理を施すことを特徴とする請求項17ないし20のいずれか1項に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項22】 前記閉システム内を、1500℃未満の温度に加熱して、前記炭素質材料に前処理を施すことを特徴とする請求項21に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項23】 前記閉システム内を、200℃ないし1400℃の温度に加熱して、前記炭素質材料に前処理を施すことを特徴とする請求項22に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項24】 前記閉システム内を、800℃以下の温度に加熱して、前記炭素質材料に前処理を施し、前記閉システム内に水素を導入して、前記炭素質材料に水素を吸蔵させることを特徴とする請求項1または2に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項25】 前記閉システム内に水素を導入して、50気圧以上の水素ガス雰囲気下で、前記炭素質材料に水素を吸蔵させることを特徴とする請求項24に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項26】 前記閉システム内を、100℃ないし800℃の温度に加熱して、前記炭素質材料に前処理を施すことを特徴とする請求項24または25に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項27】 加熱に先立って、前記閉システム内に、不活性なガスが導入し、不活性なガス雰囲気下で、前記閉システム内を加熱して、前記炭素質材料に前処理を施すことを特徴とする請求項23ないし25のいずれか1項に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項28】 前記不活性なガスが、窒素ガス、ヘリウムガス、ネオンガス、アルゴンガス、クリプトンガス、キセノンガスおよびラドンガスよりなる群から選ばれる不活性なガスよりなることを特徴とする請求項27に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項29】 前記閉システム内を、減圧に保持した状態で、230℃以上の温度に加熱して、前記炭素質材料に前処理を施すことを特徴とする請求項1または2に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項30】 前記閉システム内を、400℃ないし800℃の温度に加熱して、前記炭素質材料に前処理を施すことを特徴とする請求項29に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項31】 前記炭素質材料が、表面積が大きく、構造的に曲率を有していることを特徴とする請求項1ないし30のいずれか1項に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項32】 炭素質材料が、フラーレン、カーボンナノファイバー、カーボンナノチューブ、炭素スス、ナノカプセル、バッキーオニオンおよびカーボンファイバーよりなる群から選ばれる炭素質材料によって構成されたことを特徴とする請求項31に記載の水素吸蔵炭素質材料の製造方法。

【請求項33】 炭素質材料を生成する炭素質材料生成チャンバと、前記炭素質材料に前処理を施す炭素質材料前処理チャンバと、前記炭素質材料に水素を吸蔵させる水素吸蔵チャンバを備え、前記炭素質材料生成チャンバ、前記炭素質材料前処理チャンバおよび前記水素吸蔵チャンバが閉じたシステムを形成していることを特徴とする水素吸蔵炭素質材料製造システム。

【請求項34】 前記閉じたシステムが、大気から遮断

炭素質材料製造システム。

【請求項35】 前記炭素質材料前処理チャンバと前記水素吸蔵チャンバが一体的に形成されたことを特徴とする請求項33または34に記載の水素吸蔵炭素質材料製造システム。

【請求項36】 前記炭素質材料が、表面積が大きく、構造的に曲率を有していることを特徴とする請求項33ないし35のいずれか1項に記載の水素吸蔵炭素質材料製造システム。

【請求項37】 炭素質材料が、フラーレン、カーボンナノファイバー、カーボンナノチューブ、炭素スス、ナノカプセル、バッキーオニオンおよびカーボンファイバーよりなる群から選ばれる炭素質材料によって構成されたことを特徴とする請求項36に記載の水素吸蔵炭素質材料製造システム。

【請求項38】 さらに、前記水素吸蔵チャンバに、水素を供給する水素供給源を備えたことを特徴とする請求項33ないし37のいずれか1項に記載の水素吸蔵炭素質材料製造システム。

【請求項39】 さらに、前記炭素質材料前処理チャンバ内を加熱する加熱手段を備えたことを特徴とする請求項33ないし38のいずれか1項に記載の水素吸蔵炭素質材料製造システム。

【請求項40】 さらに、前記炭素質材料前処理チャンバ内に、不活性なガスを供給するガス供給源を備えたことを特徴とする請求項33ないし39のいずれか1項に記載の水素吸蔵炭素質材料製造システム。

【請求項41】 前記ガス供給源が、窒素ガス、ヘリウムガス、ネオンガス、アルゴンガス、クリプトンガス、キセノンガスおよびラドンガスよりなる群から選ばれる不活性なガスを供給可能に構成されたことを特徴とする請求項40に記載の水素吸蔵炭素質材料製造システム。

【請求項42】 さらに、前記炭素質材料前処理チャンバ内を減圧に引く減圧手段を備えたことを特徴とする請求項33ないし41のいずれか1項に記載の水素吸蔵炭素質材料製造システム。

【請求項43】 さらに、前記水素供給源が、前記炭素質材料前処理チャンバ内に、水素を供給可能に構成されたことを特徴とする請求項37ないし42のいずれか1項に記載の水素吸蔵炭素質材料製造システム。

【請求項44】 前記前記水素吸蔵チャンバが、耐圧容器によって構成されたことを特徴とする請求項33ないし43のいずれか1項に記載の水素吸蔵炭素質材料製造システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、水素吸蔵炭素質材料の製造方法および水素吸蔵炭素質材料製造システムに関するものであり、さらに詳細には、大量の水素を、効

することができ、安全で、資源的、環境的な問題を生じさせる虞のない水素吸蔵炭素質材料の製造方法および水素吸蔵炭素質材料製造システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】産業革命以後、自動車などのエネルギー源としてはもちろん、電力製造などのエネルギー源として、ガソリン、軽油などの化石燃料が広く用いられてきた。この化石燃料の利用によって、人類は飛躍的な生活水準の向上や産業の発展などの利益を享受することができたが、その反面、地球は深刻な環境破壊の脅威にさらされ、さらに、化石燃料の枯渇の虞が生じてその長期的な安定供給に疑問が投げかけられる事態となりつつある。

【0003】そこで、水素は、水に含まれ、地球上に無尽蔵に存在している上、物質あたりに含まれる化学エネルギー量が大きく、また、エネルギー源として使用するとき、有害物質や地球温暖化ガスなどを放出しないなどの理由から、化石燃料に代わるクリーンで、かつ、無尽蔵なエネルギー源として、近年、大きな注目を集めるようになっていく。

【0004】ことに、近年は、水素エネルギーから電気エネルギーを取り出すことができる燃料電池の研究開発が盛んにおこなわれており、大規模発電から、オンサイトな自家発電、さらには、自動車用電源としての応用が期待されている。

【0005】しかしながら、水素は、常温常圧において、気体状態にあるため、液体や固体と比べて、取り扱いが難しく、ことに、液体や固体と比べて、気体の密度は非常に小さいため、体積あたりの化学エネルギーが小さく、また、貯蔵や運搬が困難であるという問題がある。さらに、気体であるため、水素は漏洩しやすく、漏洩すると、爆発の危険があるという問題もあり、水素エネルギーの活用上、大きな障害となっていた。

【0006】したがって、水素エネルギーを用いたエネルギーシステムの実用化に向けて、気体状態にある水素を、効率的かつ安全に、小体積内に貯蔵する技術の開発が進められており、高圧ガスとして貯蔵する方法、液化水素として貯蔵する方法、水素吸蔵材料を用いる方法などが提案されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、高圧ガスとして貯蔵する方法にあつては、貯蔵容器として、ボンベのような非常に強固な金属製の耐圧容器を用いる必要があるため、容器自体がきわめて重くなり、また、高圧ガスの密度も、通常  $12 \text{ mg/cc}$  程度であつて、水素の貯蔵密度が非常に小さく、貯蔵効率が低いという問題があるだけでなく、高圧であるため、安全面にも問題を有していた。

【0008】これに対して、液化水素として貯蔵する方

程度であつて、水素の貯蔵密度はかなり大きい、水素を液化するため、水素を  $-250^\circ\text{C}$  以下に冷却することが必要になり、冷却装置などの付加的な装置が要求され、システムが複雑になるだけでなく、冷却のためのエネルギーが必要になるという問題があつた。

【0009】一方、水素吸蔵材料の中では、水素吸蔵合金が最も有効な材料とされ、たとえば、ランタンニッケル系、バナジウム系、マグネシウム系の水素吸蔵合金が知られているが、これらの水素吸蔵合金の実用的な水素貯蔵密度は、通常  $100 \text{ mg/cc}$  前後であり、他の物質中に、水素を貯蔵するにもかかわらず、液体水素の密度以上で、従来の水素貯蔵方法の中では、最も効率的である。しかも、水素吸蔵合金を用いる場合には、室温レベルの温度で、水素吸蔵合金へ水素を吸蔵させ、水素吸蔵合金から水素を放出させることができ、さらには、水素分圧との平衡で、水素の吸蔵状態が制御されるため、高圧ガスや液体水素に比して、取り扱いが容易であるという利点もある。

【0010】しかしながら、水素吸蔵合金は、構成材料が金属合金であるため重く、単位重量あたりの水素吸蔵量は  $20 \text{ mg/g}$  程度にとどまり、十分とは言えず、また、水素吸蔵合金は、水素ガスの吸蔵、放出の繰り返しによって、徐々に、構造が破壊され、性能が劣化するという問題があり、さらに、合金の組成によっては、資源的な問題や、環境的な問題も生じる虞がある。

【0011】そこで、従来の水素の貯蔵方法のかかる問題を解決するため、近年、水素吸蔵材料として、炭素材料に注目が集まっており、種々の角度からの研究がなされている。

【0012】たとえば、特開平5-270801号公報は、フラーレン類に、水素を付加反応させ、水素を吸蔵させる方法を提案している。しかしながら、この方法にあつては、炭素原子と水素原子の間に、共有結合的な化学結合が形成されてしまうため、吸蔵というよりは、水素付加と呼ぶべきもので、化学結合によって、付加することのできる水素量の上限は、基本的に、炭素原子の不飽和結合数に限定されるので、水素の吸蔵量には限界があつた。

【0013】また、特開平10-72291号公報は、フラーレン類を水素吸蔵材料として用い、フラーレン類の表面を、真空蒸着やスパッタリングによって、白金などの触媒金属で覆い、水素を吸蔵させる技術を提案している。しかしながら、白金を触媒金属として用いて、フラーレン類の表面を覆うためには、多くの白金を使用する必要があり、コストが高くなるだけでなく、資源的にも問題があつた。

【0014】したがって、従来、知られている水素の貯蔵方法は、水素エネルギーを活用する上で、実用的なものとは言い難く、とくに、自動車、船舶、一般家庭用電

エネルギーを用いる場合や、大量の水素を運搬する必要がある場合には、従来の水素の貯蔵方法は、実用性を有していなかった。

【0015】したがって、本発明は、大量の水素を、効率的に吸蔵させることが可能で、軽量で、繰り返し使用することができ、安全で、資源的、環境的な問題を生じさせる虞のない水素吸蔵炭素質材料の製造方法および水素吸蔵炭素質材料製造システムを提供することを目的とするものである。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明者は、本発明のかかる目的を達成するため、鋭意研究を重ねた結果、炭素質材料の表面に化学吸着あるいは物理吸着した反応性を有する不純物の分子あるいは水素吸蔵能のない炭素質材料が、炭素質材料に水素を吸蔵させる上で、障害となることを見出し、閉システム内で、炭素質材料を生成し、得られた炭素質材料に前処理を施し、水素を吸蔵させることによって、本発明の前記目的を達成した。

【0017】本発明によれば、閉システム内で、炭素質材料を生成して、得られた炭素質材料に前処理を施し、水素を吸蔵させて、水素吸蔵炭素質材料が製造されているから、生成された炭素質材料の表面に、反応性を有する不純物の分子が化学吸着あるいは物理吸着することを効果的に防止することができ、したがって、炭素質材料の表面に化学吸着あるいは物理吸着した反応性を有する不純物の分子や水素吸蔵能のない炭素質材料を取り除くための前処理の負荷を軽減させることが可能になるから、効率的に、水素吸蔵炭素質材料を製造することができる。

【0018】本発明の好ましい実施態様においては、前記閉システムが、大気と遮断されている。

【0019】本発明の好ましい実施態様によれば、大気と遮断されている閉システムシステム内で、炭素質材料を生成して、得られた炭素質材料に前処理を施し、水素を吸蔵させて、水素吸蔵炭素質材料が製造されているから、炭素質材料の表面に、反応性を有する不純物の分子が化学吸着あるいは物理吸着するおそれがなく、したがって、炭素質材料の表面に化学吸着あるいは物理吸着した不純物の分子や水素吸蔵能のない炭素を取り除くための前処理の負荷を軽減させることが可能になり、効率的に、水素吸蔵炭素質材料を製造することができる。

【0020】本発明のさらに好ましい実施態様においては、水素ガスを含み、不純物ガスとして、反応性ガスを実質的に含まないガスの雰囲気下で、前記閉システム内を加熱することによって、前記炭素質材料に前処理が施され、水素が吸蔵される。

【0021】本発明のさらに好ましい実施態様によれば、水素ガスを含み、不純物ガスとして、反応性ガスを実質的に含まないガスの雰囲気下で、前記閉システム内

れ、水素が吸蔵されるから、炭素質材料の表面洗浄と、炭素質材料への水素の吸蔵とを同じガス雰囲気中で、実施することが可能となる。

【0022】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記閉システム内が、50℃以上に加熱される。

【0023】本発明のさらに好ましい実施態様においては、水素ガスを含み、不純物ガスとして、反応性ガスを実質的に含まないガスの雰囲気下で、前記閉システム内を1気圧以上のガス圧力に保持することによって、前記炭素質材料に前処理が施され、水素が吸蔵される。

【0024】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記炭素質材料の前処理に先立って、前記閉システム内が、不活性なガスによって置換される。

【0025】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記不活性なガスが、窒素ガス、ヘリウムガス、ネオンガス、アルゴンガス、クリプトンガス、キセノンガスおよびラドンガスよりなる群から選ばれる不活性なガスによって構成されている。

【0026】本発明のさらに別の好ましい実施態様においては、前記閉システム内が加熱されて、前記炭素質材料に前処理が施され、前記閉システム内に、水素が導入されて、前記炭素質材料に水素が吸蔵される。

【0027】本発明のさらに別の好ましい実施態様によれば、閉システム内を加熱し、その後、閉システム内に、水素ガスを導入して、炭素質材料に水素を吸蔵させているから、炭素質材料を加熱処理することによって、炭素質材料の表面を効率的に洗浄して、炭素質材料の表面と水素原子または水素分子とが接触する面積を大幅に増大させ、大量の水素を、効率よく、炭素質材料に吸蔵させることが可能になる。本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記閉システム内に、水素を導入して、50気圧未満の水素ガス雰囲気下で、前記炭素質材料に水素が吸蔵される。

【0028】本発明のさらに好ましい実施態様においては、10気圧以下の水素ガス雰囲気下で、前記炭素質材料に水素が吸蔵される。

【0029】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記閉システムが、100℃以上の温度に加熱されて、前記炭素質材料に前処理が施される。

【0030】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記閉システムが、200℃ないし1200℃の温度で、加熱されて、前記炭素質材料に前処理が施される。

【0031】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記閉システムが、600℃ないし1200℃の温度で、加熱されて、前記炭素質材料に前処理が施される。

【0032】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記閉システムが、800℃ないし1000℃の温

る。

【0033】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記閉システム内を加熱するのに先立って、前記閉システム内に、不活性なガスが導入され、不活性なガス雰囲気下で、前記閉システム内が加熱される。

【0034】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記不活性なガスが、窒素ガス、ヘリウムガス、ネオンガス、アルゴンガス、クリプトンガス、キセノンガスおよびラドンガスよりなる群から選ばれる不活性なガスによって構成されている。

【0035】本発明のさらに別の好ましい実施態様においては、前記閉システム内に、還元性ガスが導入され、50℃以上の温度に加熱されて、前記炭素質材料に前処理が施される。

【0036】本発明のさらに別の好ましい実施態様によれば、閉システム内に、還元性ガスが導入されて、50℃以上の温度に加熱されるから、還元性ガスの雰囲気中で、炭素質材料を加熱処理することによって、炭素質材料の表面を効率的に洗浄し、炭素質材料の表面と水素原子または水素分子とが接触する面積を大幅に増大させて、大量の水素を、効率よく、炭素質材料に吸蔵させることが可能になる。

【0037】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記還元性ガスが、一酸化炭素ガス、一酸化窒素ガス、亜酸化窒素ガスおよびアンモニアガスよりなる群から選ばれるガスによって構成されている。

【0038】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記還元性ガスが、一酸化炭素ガスによって構成されている。

【0039】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記閉システム内に、還元性ガスが導入され、前記閉システム内が1気圧以上のガス圧力に保持された状態で、前記閉システム内が加熱されて、前記炭素質材料に前処理が施される。

【0040】本発明のさらに好ましい実施態様によれば、炭素質材料の表面をより効果的に洗浄することができ、したがって、大量の水素を、より効率よく、炭素質材料に吸蔵させることが可能になる。

【0041】本発明のさらに好ましい実施態様においては、還元性ガスとともに、水素ガスが、前記閉システム内に導入され、50℃以上の温度に加熱されて、前記炭素質材料に前処理が施される。

【0042】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記閉システム内が1500℃未満の温度で、加熱されて、前記炭素質材料に前処理が施される。

【0043】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記閉システム内が200℃ないし1400℃の温度で、加熱されて、前記炭素質材料に前処理が施される。

いては、前記閉システム内が、800℃以下の温度で、加熱されて、前記炭素質材料に前処理が施され、前記閉システム内に、水素が導入されて、前記炭素質材料に水素が吸蔵される。

【0045】本発明のさらに別の好ましい実施態様によれば、水素を吸蔵させるのに先立って、800℃以下の温度で加熱して、炭素質材料に前処理を施しているから、炭素質材料の表面に化学吸着あるいは物理吸着した反応性不純物の分子や水素吸蔵能のない炭素質材料を効果的に取り除くことができ、したがって、炭素質材料の表面と水素原子または水素分子とが接触する面積を大幅に増大させ、大量の水素を、効率よく、炭素質材料に吸蔵させることが可能になる。本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記閉システム内に、水素が導入されて、50気圧以上の水素ガス雰囲気下で、前記炭素質材料に水素が吸蔵される。

【0046】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記閉システム内が、100℃ないし800℃の温度で、加熱されて、前記炭素質材料に前処理が施される。

【0047】本発明のさらに好ましい実施態様においては、加熱に先立って、前記閉システム内に、不活性なガスが導入され、不活性なガス雰囲気下で、前記閉システム内が加熱されて、前記炭素質材料に前処理が施される。

【0048】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記不活性なガスが、窒素ガス、ヘリウムガス、ネオンガス、アルゴンガス、クリプトンガス、キセノンガスおよびラドンガスよりなる群から選ばれる不活性なガスによって構成されている。

【0049】本発明のさらに別の好ましい実施態様においては、前記閉システム内が、減圧に保持された状態で、230℃以上の温度で加熱されて、前記炭素質材料に前処理が施される。

【0050】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記閉システム内が400℃ないし800℃の温度で加熱されて、前記炭素質材料に前処理が施される。

【0051】本発明の前記目的はまた、炭素質材料を生成する炭素質材料生成チャンバと、前記炭素質材料に前処理を施す炭素質材料前処理チャンバと、前記炭素質材料に水素を吸蔵させる水素吸蔵チャンバを備え、前記炭素質材料生成チャンバ、前記炭素質材料前処理チャンバおよび前記水素吸蔵チャンバが閉じたシステムを形成していることを特徴とする水素吸蔵炭素質材料製造システムによって、達成される。

【0052】本発明によれば、炭素質材料を生成する炭素質材料生成チャンバと、炭素質材料に前処理を施す炭素質材料前処理チャンバと、炭素質材料に水素を吸蔵させる水素吸蔵チャンバとが、閉じたシステムを形成して



質材料の表面に、反応性を有する不純物の分子が化学吸着あるいは物理吸着することを効果的に防止することができ、したがって、炭素質材料の表面に化学吸着あるいは物理吸着した反応性を有する不純物の分子や水素吸蔵能のない炭素質材料を取り除くための前処理の負荷を軽減させることが可能になるから、効率的に、水素吸蔵炭素質材料を製造することができる。

【0053】本発明の好ましい実施態様においては、前記閉じたシステムが、大気から遮断されている。

【0054】本発明の好ましい実施態様によれば、大気と遮断されている閉じたシステムシステム内で、炭素質材料を生成して、得られた炭素質材料に前処理を施し、水素を吸蔵させて、水素吸蔵炭素質材料が製造されているから、炭素質材料の表面に、反応性を有する不純物の分子が化学吸着あるいは物理吸着するおそれなく、したがって、炭素質材料の表面に化学吸着あるいは物理吸着した不純物の分子や水素吸蔵能のない炭素を取り除くための前処理の負荷を軽減させることが可能になり、効率的に、水素吸蔵炭素質材料を製造することができる。

【0055】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記炭素質材料前処理チャンバと前記水素吸蔵チャンバが一体的に形成されている。

【0056】本発明のさらに好ましい実施態様においては、水素吸蔵炭素質材料製造システムは、さらに、前記水素吸蔵チャンバに、水素を供給する水素供給源を備えている。

【0057】本発明のさらに好ましい実施態様においては、水素吸蔵炭素質材料製造システムは、さらに、前記炭素質材料前処理チャンバ内を加熱する加熱手段を備えている。

【0058】本発明のさらに好ましい実施態様においては、水素吸蔵炭素質材料製造システムは、さらに、前記炭素質材料前処理チャンバ内に、不活性なガスを供給するガス供給源を備えている。

【0059】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記ガス供給源が、窒素ガス、ヘリウムガス、ネオンガス、アルゴンガス、クリプトンガス、キセノンガスおよびラドンガスよりなる群から選ばれる不活性なガスを供給可能に構成されている。

【0060】本発明のさらに好ましい実施態様においては、水素吸蔵炭素質材料製造システムは、さらに、前記炭素質材料前処理チャンバ内を減圧に引く減圧手段を備えている。

【0061】本発明のさらに好ましい実施態様においては、さらに、前記水素供給源が、前記炭素質材料前処理チャンバ内に、水素を供給可能に構成されている。

【0062】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記前記水素吸蔵チャンバが、耐圧容器によって構成されている。

は、炭素質材料として、表面積が大きく、構造的に曲率を有するものが選ばれている。本発明者の研究によれば、曲率を有する炭素質材料は、 $\sigma-\pi$ 非直交電子系であるため、HOMOとLUMOが、 $\sigma-\pi$ 直交電子系に比して下がることが判明しており、したがって、曲率を有する炭素質材料は、強い電子受容体になり、水素原子を電子とプロトン（水素原子核）に分離し、体積を持たないプロトンの形で、水素を高密度に貯蔵することが可能になる。

【0064】本発明のさらに好ましい実施態様においては、炭素質材料が、フラーレン、カーボンナノファイバー、カーボンナノチューブ、炭素スス、ナノカプセル、バッキーオニオンおよびカーボンファイバーよりなる群から選ばれる炭素質材料によって構成されている。フラーレンとしては、球状炭素分子であればよく、炭素数が36、60、70、72、74、76、78、80、82、84などは、本発明において、すべて使用することができる。

【0065】本発明において、吸蔵させる水素とは、水素分子、水素原子のみならず、水素の原子核であるプロトンを含んでいる。

【0066】本発明のさらに好ましい実施態様においては、炭素質材料は、その表面に、水素分子を水素原子に、あるいは、さらにプロトンと電子に分離させる機能を有する金属または金属の合金の微粒子を有している。金属または合金の微粒子の平均サイズは1ミクロン以下であることが望ましく、金属としては、鉄、希土類元素、ニッケル、コバルト、パラジウム、ロジウム、白金、またはこれらの金属の1または2以上の合金よりなる群から選ばれる金属または合金が好ましく使用される。

【0067】フラーレン、カーボンナノファイバー、カーボンナノチューブ、炭素スス、ナノカプセル、バッキーオニオンおよびカーボンファイバーなどの曲率を有する炭素質材料をアーク放電法によって生成する場合には、アーク放電に先立って、金属またはその合金を、グラファイトのロッドに混入させることが好ましく、アーク放電の際に、かかる金属またはその合金を存在させることによって、これらの金属またはその合金の触媒的作用によって、炭素質材料の収率が高まり、曲率を有する水素吸蔵用炭素質材料の生成を促進させることができる。なお、これらの金属またはその合金は、レーザーアブレーション法によって、フラーレン、カーボンナノファイバー、カーボンナノチューブおよびカーボンファイバーなどの炭素質材料を生成する際、触媒的作用を果たすことが知られており、その方法により生成したフラーレン、カーボンナノファイバー、カーボンナノチューブおよびカーボンファイバーなどの炭素質材料を収集し、それを水素吸蔵用炭素質材料に添加混合して、水素吸蔵

有するようにしてもよい。

【0068】本発明のさらに好ましい実施態様においては、これらの金属または合金を含有する炭素質材料、あるいは、これらの金属または合金を含有しない炭素質材料の少なくとも表面に対し、水素分子を水素原子へ、さらには、プロトンと電子へと分離することのできる触媒能を有する金属微粒子が10重量%以下、担持されている。そのような触媒能を有する好ましい金属としては、たとえば、白金または白金合金などを挙げることができ、炭素質材料の表面に、これらの金属を担持させるには、スパッタ、真空蒸着、化学的手法、混合などの公知の手法を用いることができる。

【0069】また、白金微粒子または白金合金微粒子を炭素質材料に担持させる場合には、白金錯体を含む溶液を用いる化学的担持法、あるいは、白金を含む電極を用いるアーク放電法の手法を適用することができる。化学的担持法においては、たとえば、塩化白金酸水溶液を亜硫酸水素ナトリウムや過酸化水素で処理し、次いで、この溶液に、炭素質材料を加えて、攪拌することによって、白金微粒子または白金合金微粒子を炭素質材料に担持させることができる。他方、アーク放電法においては、アーク放電の電極部に、白金や白金合金を部分的に組み込んでおき、それをアーク放電させることによって蒸発させ、チャンバ内に収納した炭素質材料上に付着させることができる。

【0070】このような金属や合金を担持させることにより、それを担持させない場合に比べ、水素吸蔵能をより高めることができ、さらに、電子供与体であるフッ素やアンモニアなどのアミン系分子を炭素質材料と混合し、あるいは、結合させることによって、電荷分離がより能率的に生じることが判明している。

【0071】このように、上述の金属や合金を担持させた強い電子受容体である水素吸蔵用炭素質材料に、陽子と電子とからなる水素を供与することによって、水素が陽子の形態で、吸蔵され、そのため、占有体積が大幅に小さくなり、従来の水素原子の化学吸着による貯蔵に比して、大量の水素を水素吸蔵用炭素質材料中に貯蔵することが可能となる。すなわち、水素を、原子の状態から、電子と陽子に分離させて、水素吸蔵用炭素質材料中に効率的に電子を貯蔵することにより、水素を、最終的には、陽子の状態で、高密度にかつ大量に貯蔵することができる。したがって、水素吸蔵用炭素質材料の表面に、上述の金属や合金を担持させた場合は、水素をより効率的にかつより大量に吸蔵することができ、軽量で運搬が容易であり、構造破壊を伴わずに、室温レベルでの反復使用が可能で、取扱上も安全である。さらに、白金などの金属触媒の使用量も削減でき、出発原料であるフラーレンなどの炭素質材料も低コストで容易に製造することができ、資源調達の面で問題がない上に、使用時に

用性を発揮することが可能になる。

【0072】

【発明の実施の形態】以下、添付図面に基づいて、本発明にかかる好ましい実施態様につき、詳細に説明を加える。

【0073】図1は、本発明の好ましい実施態様にかかる水素吸蔵炭素質材料製造システムのブロック図である。

【0074】図1に示されるように、本実施態様にかかる水素吸蔵炭素質材料製造システムは、アーク放電チャンバ1と、水素吸蔵チャンバ2と、炭素質材料搬送チャンバ3を備えており、炭素質材料搬送チャンバ3内には、搬送ベルト4が設けられている。

【0075】図2は、アーク放電チャンバ1の略縦断面図である。

【0076】図2に示されるように、アーク放電チャンバ1は、正極として作用する炭素棒電極5と、負極として作用する炭素棒電極6を備え、一対の炭素棒電極5と炭素棒電極6は、アーク放電チャンバ1内に、互いに、一方の端部が対向するように配置されている。炭素棒電極5と炭素棒電極6の他端部は、それぞれ、直流電源7に接続され、一対の炭素棒電極5と炭素棒電極6の間に、アーク放電が生成可能に構成されている。ここに、正極として作用する炭素棒電極5には、カーボンナノチューブやフラーレン類などを生成する際に、触媒となるCoおよびNiを含有した炭素棒が使用されている。

【0077】図2に示されるように、アーク放電チャンバ1の底部には、開口部8が形成され、開口部8は、開閉部材9によって、開閉可能で、開口部8が開放されたときに、炭素質材料搬送チャンバ3に形成された開口部10を介して、炭素質材料搬送チャンバ3と、アーク放電チャンバ1とが連通するように構成されている。

【0078】図2に示されるように、アーク放電チャンバ1には、開口部11が形成され、開口部11には、ガス通路12が接続されている。ガス通路12には、切り換えバルブ13を介して、アルゴンガス供給源14が接続され、切り換えバルブ15を介して、真空ポンプ16が接続されている。

【0079】図3は、水素吸蔵チャンバ2の略断面図である。

【0080】図3に示されるように、水素吸蔵チャンバ2は、ステンレスによって形成された耐圧容器22と、耐圧容器22に収容されたカートリッジ23を備え、耐圧容器22の周囲には、加熱コイル24が巻回されている。

【0081】図4は、斜め下方から見たカートリッジ23の略斜視図である。

【0082】図4に示されるように、カートリッジ23は円筒状をなし、ステンレスによって、形成されてい



3bには、多数の孔25が形成されており、また、底壁部23bの外面には、3つの脚部26、26、26が設けられている。カートリッジ23の軸線に垂直な一端面には、開口部23cが形成されている。

【0083】図3に示されるように、カートリッジ23の底壁部23bの外面に設けられた3つの脚部26、26、26が、耐圧容器22の底面22bに当接し、カートリッジ23の底壁部23bの外面は、耐圧容器22の底面22bと間隔を隔てて、配置されており、カートリッジ23の底壁部23bの外面と耐圧容器22の底面22bとの間には、空間が形成されている。また、カートリッジ23は、耐圧容器22の内径よりも小さな外径を有しており、図3に示されるように、カートリッジ23の外周壁部23aは、耐圧容器22の内側面22aと間隔を隔てて、配置され、カートリッジ23の外周壁部23aと耐圧容器22の内側面22aとの間には、空間が形成されている。図3に示されるように、耐圧容器22には、ねじ27によって、蓋部材29が固定され、メタルシール28によって、耐圧容器22内が密閉可能に構成されている。蓋部材29には、第1の開口部30aが形成され、第1の開口部30aには、第1のガス通路31aが接続されている。

【0084】図3に示されるように、第1のガス通路31aには、第1のバルブ32aが設けられ、第1の切り換えバルブ33を介して、水素ガス供給源34が第1のガス通路31aに接続されている。

【0085】他方、耐圧容器22の底部には、第2の開口部30bが形成され、第2の開口部30bには、第2のガス通路31bが接続されている。図3に示されるように、第2のガス通路31bには、第2のバルブ32bが設けられ、第2の切り換えバルブ35を介して、アルゴンガス供給源36が第2のガス通路31bに接続されている。さらに、図3に示されるように、蓋部材29には、開閉部材37によって、開閉可能な第3の開口部30cが形成されている。第3の開口部30cには、シュート38が接続されており、シュート38は、炭素質材料搬送チャンバ3の底部に形成された開口部39と接続されている。炭素質材料搬送チャンバ3の底部に形成された開口部39は、開閉部材40によって、開閉可能に構成され、炭素質材料搬送チャンバ3の底部に形成された開口部39と、蓋部材29に形成された第3の開口部30cが開かれると、耐圧容器22の内部と、炭素質材料搬送チャンバ3とが、シュート38を介して、連通するように構成されている。ここに、シュート38は取り外し可能に構成され、その内部が、大気と遮断されるように、炭素質材料搬送チャンバ3および蓋部材29に形成された第3の開口部30cに接続可能に構成されている。

【0086】図1および図2に示されるように、アー

部材9および炭素質材料搬送チャンバ3に形成された開口部10を介して、炭素質材料搬送チャンバ3が接続されており、開口部8および開口部10の下方には、搬送ベルト4が配置されている。炭素質材料搬送チャンバ3には、アルゴンガス供給源14が、切り換えバルブ17およびガス通路18を介して、接続されており、炭素質材料搬送チャンバ3内はアルゴンガス雰囲気中に保持されている。

【0087】また、図1および図3に示されるように、炭素質材料搬送チャンバ3は、水素吸蔵チャンバ2の蓋部材29に形成された第3の開口部30cに接続され、搬送ベルト4の端部が、第3の開口部30cの上方に位置している。

【0088】以上のように構成された水素吸蔵炭素質材料製造システムは、以下のようにして、炭素質材料を生成し、生成された炭素質材料に前処理を施して、水素を吸蔵させる。

【0089】切り換えバルブ13が開かれ、アルゴンガス供給源14から、アーク放電チャンバ1内に、アルゴンガスが供給されて、アルゴンガスによって、アーク放電チャンバ1内が置換され、切り換えバルブ15が開かれた後、真空ポンプ16が作動され、アーク放電チャンバ1内が、減圧に引かれる。その後、減圧下の不活性ガス雰囲気中において、直流電源7によって、電流が供給されると、一対の炭素棒電極5と炭素棒電極6の間に、アーク放電が生成されて、表面積が大きく、構造的に曲率を有しているカーボンナノチューブが生成される。一方、切り換えバルブ17が開かれて、アルゴンガス供給源14から、ガス通路18を介して、アルゴンガスが、炭素質材料搬送チャンバ3内に導入され、炭素質材料搬送チャンバ3内が、アルゴンガス雰囲気中に保持される。さらに、第2のバルブ32bが開かれ、さらに、第2の切り換えバルブ35が開かれて、アルゴンガス供給源36から、アルゴンガスが、第2のガス通路31bを介して、耐圧容器22内に導入され、耐圧容器22内が、アルゴンガス雰囲気中に保持される。

【0090】カーボンナノチューブが生成されると、バルブ（図示せず）が開かれて、アルゴンガスが、アーク放電チャンバ1内に導入されて、アーク放電チャンバ1内の圧力が常圧に昇圧される。

【0091】次いで、開閉部材9によって、開口部8および開口部10が開かれ、外部から操作可能な回収手段（図示せず）が操作されて、カーボンナノチューブが回収され、回収されたカーボンナノチューブは、開口部8および開口部10を介して、炭素質材料搬送チャンバ3内の搬送ベルト4上に落下する。搬送ベルト4上に落下したカーボンナノチューブは、搬送ベルト4によって、運ばれ、搬送ベルト4の端部に到達するタイミングで、開閉部材40が操作されて、炭素質材料搬送チャンバ3

閉部材 37 が操作されて、蓋部材 29 に形成された第 3 の開口部 30 c が開かれる。その結果、カーボンナノチューブは、搬送ベルト 4 から、開口部 39、シュート 38 および第 3 の開口部 30 c を介して、耐圧容器 22 内に収容されたカートリッジ 23 内に落下する。カーボンナノチューブが、カートリッジ 23 内に収容されると、開閉部材 37 が操作されて、蓋部材 29 に形成された第 3 の開口部 30 c が閉じられる。次いで、電源（図示せず）から、加熱コイル 24 に電流が供給され、カートリッジ 23 内のカーボンナノチューブが、アルゴンガス雰囲気下で、800℃ないし 1000℃の温度で、加熱されるように、加熱コイル 24 によって、3 時間にわたって、耐圧容器 22 が加熱される。

【0092】こうして、加熱コイル 24 によって、耐圧容器 22 が加熱され、その結果、カートリッジ 3 内のカーボンナノチューブが、アルゴンガス雰囲気下で、800℃ないし 1000℃の温度で、加熱されて、カーボンナノチューブの表面が洗浄され、活性化される。本実施態様においては、アルゴンガス雰囲気中に保持されたアーク放電チャンバ 1 内において、カーボンナノチューブが生成され、生成されたカーボンナノチューブは、大気に晒されることなく、炭素質材料搬送チャンバ 3 を介して、耐圧容器 22 のカートリッジ 23 内に送られているから、カーボンナノチューブの表面には、反応性のある不純物は付着してはいないが、アルゴンガス雰囲気下で、800℃ないし 1000℃の温度で、加熱されることによって、カーボンナノチューブの表面に付着しているアモルファスカーボンなどの水素吸蔵能を有しない炭素質材料が除去され、カーボンナノチューブの表面が洗浄されて、活性化されるものと推定される。

【0093】加熱コイル 24 への電流の供給が断たれ、耐圧容器 22 内の温度が室温に復帰したことが確認されると、第 2 の切り換えバルブ 35 が閉じられ、第 1 のバルブ 32 a および第 1 の切り換えバルブ 33 が開かれて、水素ガス供給源 34 から、100 気圧の水素ガスが、第 1 のガス通路 31 a を介して、耐圧容器 22 内に導入される。その結果、耐圧容器 22 内のアルゴンガスは、第 2 の開口部 30 b を介して、第 2 のガス通路 31 b に放出され、耐圧容器 22 内のアルゴンガスが、水素ガスによって、置換される。ここに、アルゴンガスは水素ガスに比して、重いので、蓋部材 29 に形成された第 1 の開口部 30 a から、水素ガスを耐圧容器 22 内に導入することによって、耐圧容器 22 の底部に形成された第 2 の開口部 30 b から、アルゴンガスを速やかに第 2 ガス通路 31 b に放出し、アルゴンガスを、水素ガスによって、置換することができる。

【0094】耐圧容器 22 内のアルゴンガスが、完全に、その後、水素ガスによって、置換されると、第 1 の切り換えバルブ 33、第 1 のバルブ 32 a および第 2 の

ートリッジ 23 の底壁部 23 b の外面と、耐圧容器 22 の底面 22 b との間に、空間が形成されるとともに、カートリッジ 23 の外周壁部 23 a と、耐圧容器 22 の内側面 22 a との間に、空間が形成されるように、カートリッジ 23 が耐圧容器 22 内に収容され、カートリッジ 23 の外周壁部 23 a および底壁部 23 b には、多数の孔 25 が形成されているから、カートリッジ 23 に収容されているカーボンナノチューブは、カートリッジ 23 の開口部 23 c、カートリッジ 23 の外周壁部 23 a に形成された多数の孔 25 およびカートリッジ 23 の底壁部 23 b に形成された多数の孔 25 を介して、水素ガス供給源 34 から、耐圧容器 22 内に導入された水素ガスと接触し、したがって、水素ガスと大きな面積で、接触するから、大量の水素を、効率的に、カーボンナノチューブに吸蔵させることが可能になる。こうして、所定の時間が経過すると、水素の吸蔵が完了する。本実施態様においては、アルゴンガス雰囲気中に保持されたアーク放電チャンバ 1 内で、カーボンナノチューブが生成され、生成されたカーボンナノチューブは、アーク放電チャンバ 1 の底部に形成された開口部 8 を介して、大気に晒されることなく、アルゴンガス雰囲気中に保持された炭素質材料搬送チャンバ 3 内の搬送ベルト 4 上に落下する。炭素質材料搬送チャンバ 3 内に送られたカーボンナノチューブは、搬送ベルト 4 によって、アルゴンガス雰囲気中に保持された炭素質材料搬送チャンバ 3 内を、搬送され、搬送ベルト 4 の端部に到達するタイミングで、開閉部材 40 が操作されて、炭素質材料搬送チャンバ 3 の底部に形成された開口部 39 が開かれるとともに、開閉部材 37 が操作されて、蓋部材 29 に形成された第 3 の開口部 30 c が開かれる。その結果、その結果、カーボンナノチューブは、搬送ベルト 4 から、開口部 39、シュート 38 および第 3 の開口部 30 c を介して、大気に晒されることなく、アルゴンガス雰囲気中に保持された耐圧容器 22 内に収容されたカートリッジ 23 内に落下する。カートリッジ 23 内に収容されたカーボンナノチューブは、アルゴンガス雰囲気下で、800℃ないし 1000℃の温度に、加熱されて、前処理が施され、カーボンナノチューブの表面が洗浄され、活性化される。その後、水素ガス供給源 34 から、100 気圧の水素ガスが、第 1 のガス通路 31 a を介して、耐圧容器 22 内に導入され、カーボンナノチューブに水素が吸蔵される。したがって、本実施態様によれば、カーボンナノチューブの表面に、化学吸着や物理吸着によって、反応性のある不純物が付着する余地がないから、カーボンナノチューブの前処理の負荷を大幅に軽減することが可能になる。

【0095】本発明は、以上の実施態様に限定されることなく、特許請求の範囲に記載された発明の範囲内で種々の変更が可能であり、それらも本発明の範囲内に包含されるものであることはいうまでもない。

ゴンガス雰囲気下に保持されたアーク放電チャンバ1によって、カーボンナノチューブを生成しているが、炭素質材料を生成する方法は、アーク放電法に限定されるものではなく、減圧下の不活性なガス雰囲気中において、炭素とコバルトなどの触媒金属を混合した混合物に、レーザー照射を施して、炭素を蒸発させ、冷却した針状物の上に、カーボンナノチューブを成長させる方法や、アセチレンと窒素の混合ガスを、加熱された耐圧容器内に供給して、冷却した針状物の上に、カーボンナノチューブを成長させる方法によって、炭素質材料を生成することもできる。ここに、アセチレンと窒素の混合ガスを、加熱された耐圧容器内に供給して、冷却した針状物の上に、カーボンナノチューブを成長させる方法による場合には、不活性なガス雰囲気下で、炭素質材料が生成されないため、炭素質材料の表面に、反応性のある不純物が付着することがあり得るが、本発明によれば、こうして生成されたカーボンナノチューブは、大気に晒されることなく、前処理を受けて、水素が吸蔵されるから、生成後に、カーボンナノチューブの表面に、反応性のある不純物が付着することが確実に防止され、したがって、カーボンナノチューブの前処理の負荷を大幅に軽減することが可能になる。

【0097】また、前記実施態様においては、水素吸蔵チャンバ3内において、アルゴンガス雰囲気下で、800℃ないし1000℃の温度に、加熱して、カーボンナノチューブに前処理を施すとともに、水素吸蔵チャンバ3内に水素ガスを導入して、カーボンナノチューブに水素を吸蔵させているが、カーボンナノチューブの前処理と、カーボンナノチューブへの水素の吸蔵を、別個のチャンバ内で実施することもできる。

【0098】さらに、前記実施態様においては、カーボンナノチューブが生成され、カーボンナノチューブに水素が吸蔵されているが、生成され、水素が吸蔵される炭素質材料は、カーボンナノチューブに限定されるものではなく、カーボンナノチューブに代えて、フラーレン、カーボンナノファイバー、炭素スス、ナノカプセル、バッキーオニオン、カーボンファイバーなどの表面積が大きく、曲率を有する炭素質材料を生成して、水素を吸蔵させることもできる。のみならず、本発明においては、フラーレン、カーボンナノチューブ、カーボンナノファイバー、炭素スス、ナノカプセル、バッキーオニオン、カーボンファイバーなどの表面積が大きく、曲率を有する炭素質材料以外の炭素質材料を生成して、水素を吸蔵させることもできる。また、前記実施態様においては、アーク放電チャンバ1に、アルゴンガス供給源10が接続され、アルゴンガス雰囲気下で、カーボンナノチューブが生成されているが、アルゴンガス供給源10に代えて、窒素ガス、ヘリウムガス、ネオンガス、クリプトンガス、キセノンガスおよびラドンガスよりなる群から選

てもよい。さらに、前記実施態様においては、水素吸蔵チャンバ3の耐圧容器22には、アルゴンガス供給源36が接続されており、アルゴンガス雰囲気下で、カーボンナノチューブが加熱処理されているが、アルゴンガス供給源36に代えて、窒素ガス、ヘリウムガス、ネオンガス、クリプトンガス、キセノンガスおよびラドンガスよりなる群から選ばれる不活性なガスを供給可能なガス供給源を有していてもよい。また、前記実施態様においては、水素吸蔵チャンバ3の耐圧容器22には、アルゴンガス供給源36が接続されており、不活性なアルゴンガス雰囲気下で、カーボンナノチューブが加熱処理されているが、不活性なガスを供給するガス供給源に代えて、あるいは、不活性なガスを供給するガス供給源に加えて、一酸化炭素ガス、一酸化窒素ガス、亜酸化窒素ガス、アンモニアガスなどの還元性ガスを供給するガス供給源を設けることもできる。さらに、前記実施態様においては、水素吸蔵チャンバ3の耐圧容器22には、アルゴンガス供給源36が接続されているが、不活性なガスを供給するガス供給源に代えて、あるいは、不活性なガスを供給するガス供給源や還元性ガスを供給するガス供給源に加えて、真空ポンプなど、水素吸蔵チャンバ3の耐圧容器22内を減圧に引くことのできる減圧手段を設け、減圧雰囲気下で、カーボンナノチューブを加熱処理するようにしてもよい。

【0099】さらに、前記実施態様においては、水素吸蔵チャンバ3の耐圧容器22の周囲に、加熱コイル24が巻回されているが、耐圧容器22内を加熱する手段は加熱コイル24に限定されるものではなく、耐圧容器22に巻回された加熱コイル24に代えて、任意の加熱手段を設けることができる。

【0100】また、前記実施態様においては、不活性なアルゴンガス雰囲気下で、カーボンナノチューブを加熱処理しているが、アルゴンガスなどの不活性なガスや還元性ガスに代えて、耐圧容器22内に、水素ガスを含み、不純物ガスとして、反応性ガスを実質的に含まないガス、好ましくは、水素を導入して、加熱し、同じ水素ガス雰囲気下で、カーボンナノチューブの前処理と、カーボンナノチューブへの水素吸蔵をおこなってもよい。

【0101】さらに、前記実施態様においては、100気圧の水素ガスを導入して、水素を吸蔵させているが、水素ガスの吸蔵圧力は、格別に限定されるものではなく、目的、状況に応じて、所望の圧力で、水素ガスを吸蔵させることができる。

【0102】また、前記実施態様においては、壁部に多数の孔25が形成されたカートリッジ23を用いているが、カートリッジ23の壁部が、水素を容易に透過可能に構成されていれば、その方法は任意であり、カートリッジ23を、ステンレス製メッシュによって、形成することもできる。

リッジ23は、その底壁部23bの外面に、3つの脚部26、26、26を備えているが、カートリッジ23の底壁部23bの外面が、耐圧容器22の底面22bと間隔を隔てて、位置するように、カートリッジ23を耐圧容器22内に収容可能であれば足り、カートリッジ23の底壁部23bの外面に、3つの脚部26、26、26が設けられていることは必ずしも必要でない。たとえば、カートリッジ23の底壁部23bの外面に、多孔材料によって形成された2つの板状脚部材を設けて、あるいは、カートリッジ23の底壁部23bの外面に、多孔材料によって形成された円環状の脚部材を設けて、カートリッジ23の底壁部23bの外面が、耐圧容器22の底面22bと間隔を隔てて、位置するように、カートリッジ23を、耐圧容器22内に収容するようにしてもよい。さらには、カートリッジ23が脚部26、26、26や板状の脚部材、円環状の脚部材を備えていることも必ずしも必要でなく、たとえば、カートリッジ23が、少なくとも2つの突起部を有し、耐圧部材22の内面22aに、カートリッジ23に設けられた少なくとも2つの突起部と係合可能な係合部を設け、突起部と係合部とを係合させて、カートリッジ23の底壁部23bの外面が、耐圧容器22の底面22bと間隔を隔てて、位置するように、カートリッジ23を耐圧容器22内に収容することもできる。

【0104】また、前記実施態様においては、円筒状をなしたカートリッジ23が用いられているが、カートリッジ23が円筒状をなしていることは必ずしも必要でなく、本発明においては、横断面が環状をなしたカートリッジや横断面が円環状をなしたカートリッジを、好ましく、使用することができる。

【0105】

【発明の効果】本発明によれば、大量の水素を、効率的に吸蔵させることが可能で、軽量で、繰り返し使用することができ、安全で、資源的、環境的な問題を生じさせる虞のない水素吸蔵炭素質材料の製造方法および水素吸蔵炭素質材料製造システムを提供することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明の好ましい実施態様にかかる水素吸蔵炭素質材料製造システムのブロック図である。

【図2】図2は、アーク放電チャンバの略縦断面図である。

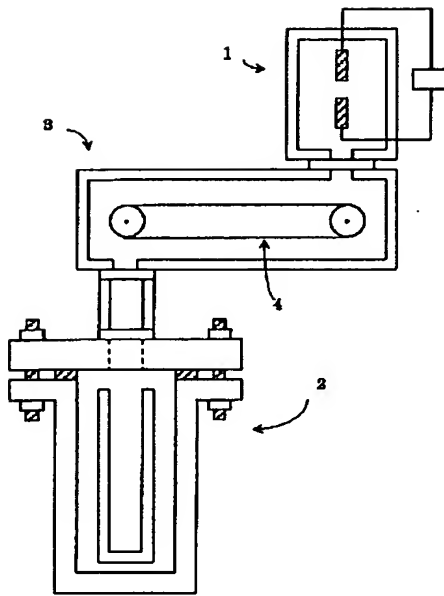
【図3】図3は、水素吸蔵チャンバの略断面図である。

【図4】図4は、斜め下方から見たカートリッジの略斜視図である。

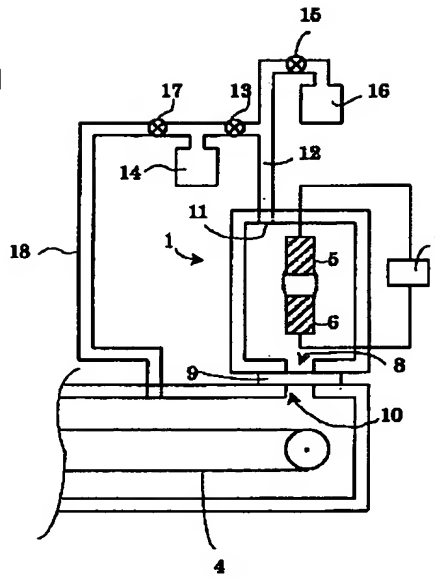
【符号の説明】

- 1 アーク放電チャンバ
- 2 水素吸蔵チャンバ
- 3 炭素質材料搬送チャンバ
- 4 搬送ベルト
- 5 炭素棒電極
- 6 炭素棒電極
- 7 直流電源
- 8 開口部
- 9 開閉部材
- 10 開口部
- 11 開口部
- 12 ガス通路
- 13 切り換えバルブ
- 14 アルゴンガス供給源
- 15 切り換えバルブ
- 16 真空ポンプ
- 17 切り換えバルブ
- 18 ガス通路
- 22 耐圧容器
- 22a 耐圧容器の内側面
- 22b 耐圧容器の底面
- 23 カートリッジ
- 23a カートリッジの外周壁部
- 23b カートリッジの底壁部
- 23c 開口部
- 24 加熱コイル
- 25 孔
- 26 脚部
- 27 ねじ
- 28 メタルシール
- 29 蓋部材
- 30a 第1の開口部
- 30b 第2の開口部
- 30c 第3の開口部
- 31a 第1のガス通路
- 31b 第2のガス通路
- 32a 第1のバルブ
- 32b 第2のバルブ
- 33 第1の切り換えバルブ
- 34 水素ガス供給源
- 35 第2の切り換えバルブ
- 36 アルゴンガス供給源
- 37 開閉部材
- 38 シュート
- 39 開口部
- 40 開閉部材

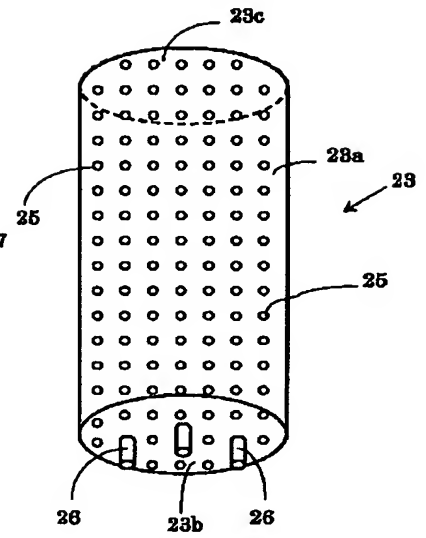
【図1】



【図2】



【図4】



【圖3】

